

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электротехнических комплексов и материалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПЛАСТОВОЙ ЖИДКОСТИ	
УДК 621.315.616. -047.37: 537.322: 553.982.08	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Ефанова Дарья Дмитриевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Леонов Андрей Петрович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова Маргарита Николаевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭКМ	Гарганеев Александр Георгиевич	д.т.н., профессор		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Энергетический институт

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электромеханических комплексов и материалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЭКМ

(Подпись) _____ (Дата) Гарганеев А.Г.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2В	Ефановой Дарье Дмитриевне

Тема работы:

Исследование электрофизических характеристик полимерной изоляции при действии температуры и пластовой жидкости	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	25.01.2016 №343/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.06.2015
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Обзор отечественной и зарубежной литературы, техническое задание на выполнение работ
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1. Литературный обзор2. Методическая часть3. Экспериментальная часть4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение5. Социальная ответственность

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры менеджмента Трофимова Маргарита Николаевна
Социальная ответственность	Доцент кафедры ЭБЖ Дашковский Анатолий Григорьевич

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Леонов Андрей Петрович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Ефанова Дарья Дмитриевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2В	Ефанова Дарья Дмитриевна

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости рынка; Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ (количество исполнителей - 2 человека)
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	15 % доплаты и надбавки; 12-15 % дополнительная заработная плата; 30% районный коэффициент; 16% накладные расходы
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам составляют 30,2 % от ФОТ на 2016 год

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта; - расчет сметы затрат: - материальные затраты; - оплата труда; - отчисления во внебюджетные фонды; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. Диаграмма Ганта
3. Бюджет проекта
4. Оценка ресурсоэффективности

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова М.Н.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Ефанова Дарья Дмитриевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2В	Ефановой Дарье Дмитриевне

Институт	Энергетический	Кафедра	Электромеханических комплексов и материалов
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду – чрезвычайных ситуаций (в основном опасность пожара) – п.5. организация работы отдела охраны труда (отдела – ОТ ПБ и ООС), его место расположение
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	<p>1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита-источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). <p>3 Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. <p>4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. <p>5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия управления охраной труда, ООС, ЧС; <p>Перечень законодательных и нормативных документов в порядке их цитирования по пунктам раздела</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Дашковский А.Г.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Ефанова Д.Д		

Реферат

Выпускная квалификационная работа объемом **X** страницы, содержит **Y** рисунков, **Z** таблиц, **V** использованных источника.

Актуальность данной работы заключается в том, что истощение поверхностных запасов нефти приводит к тому, что процесс добычи сырья необходимо проводить на более большей глубине, при этом необходимо использовать более прочное оборудование и кабель для нефтяной промышленности. Надежность установки по добычи нефти во многом зависит от надежности изоляции питающего нефтепогружного кабеля при этом необходимо, чтобы кабель сохранял свою работоспособность и свои характеристики.

Стойкость изоляции оценивается согласно ГОСТ Р 51777-2001, который к сожалению, не полностью учитывает реальные нагрузки на изоляцию нефтепогружного кабеля, в связи с этим вопрос об эксплуатации становится особенно важным [1]. Анализ эксплуатации данных образцов показывает, что данные образцы могут выдерживать нагрузку и могут эксплуатироваться в агрессивных средах при пониженных температурах.

Структура работы: Был проведен анализ воздействия на образцы агрессивной среды при различной деформации, описаны воздействия на изоляцию в процессе эксплуатации в НПК и влияние агрессивной среды на их эксплуатационные характеристики.

Был выполнен расчет стоимости ресурсов научного исследования, норм и нормативов расходования ресурсов, ставки налогов, отчислений, а также произведено описание рабочего места и использованных законодательных и нормативных документов по теме выпускной квалификационной работы по данной теме.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord 2010.

Оглавление

Введение.....	9
1. Литературный обзор.	11
1.1. Установка электроцентробежного насоса (УЭЦН).....	11
1.1.1. Основные узлы УЭЦ12	12
1.2. Условия эксплуатации нефтепогружных кабелей.....14	14
1.3. Основные требования к нефтепогружным кабелям.....16	16
1.3.1. Требования к электрическим параметрам.....16	16
1.3.2. Требования стойкости к механическим воздействиям.....17	17
1.3.3. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам и надежности.....17	17
1.4. Основные конструкции нефтепогружных кабелей (НПК).....18	18
1.5. Материалы применяемые для изготовления НПК.....21	21
1.5.1. Проводниковые материалы.....21	21
1.5.2. Материалы изоляции.....22	22
1.5.3. Материалы оболочек.....25	25
1.5.4. Конструкции подушки под броней.....27	27
1.5.5. Материал брони.....28	28
1.5.6. Конструктивное исполнение.....28	28
2. Методическая часть.....29	29
2.1. Методика определения набухания и линейной усадки изоляции.....29	29
2.2. Методика определения электрофизических характеристик изоляции в процессе старения в агрессивной среде.....29	29
3. Экспериментальная часть.....31	31
3.1. Объекты исследования.....31	31
3.2. Определение набухания изоляции.....35	35
3.3. Определение изменения электрического сопротивления при выдержке в агрессивной среде.....40	40
3.4. Обсуждение результатов.....42	42
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..43	43
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....43	43
4.2. Планирование научно-исследовательских работ.....45	45
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....46	46
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....47	47
4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования.....48	48
4.3. Определение сметной стоимости научно-исследовательской работы....49	49

4.3.1.Расчет материальных затрат НИР	49
4.3.2.Расчет полной заработной платы на исполнителей темы.....	51
4.3.3.Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	52
4.3.4.Накладные расходы.....	53
4.3.5.Формирование сметной стоимости научно-исследовательского проекта.....	53
4.4.Определение ресурсоэффективности проекта.....	54
5.Социальная ответственность.....	57
5.1.Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	58
5.2.Защита человека от вредных факторов рабочего места, характеризующих процесс взаимодействия трудящихся с окружающей средой.....	59
5.3.Охрана окружающей среды.....	64
5.4.Защита в чрезвычайных ситуациях.....	65
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	66
5.6 Заключение по разделу.....	67
Заключение.....	68
Список использованных источников.....	69

ВВЕДЕНИЕ

Нефтяная промышленность требует особого подхода к изготавливаемому оборудованию. Истощение поверхностных запасов нефти приводит к тому, что процесс добычи сырья необходимо производить на большей глубине, вследствие этого необходимо применять более прочное оборудование, в том числе и кабели для нефтяной промышленности.

Наибольшее внимание уделяется конструктивной прочности кабелю для питания электробуров при бурении скважины, а также кабелю для электроцентробежных насосов непосредственно при добычи нефти из самой скважины. Необходимо чтобы питающий НПК выдерживал все воздействующие нагрузки, как при подъеме и опускании системы в скважину, так и во время эксплуатации.

Около 80% всей добычи нефти в РФ осуществляется механизированными способами с применением установок электроприводных центробежных насосов (УЭЦН). В России ежегодно выпускается около 40 000 км нефтекабелей различных марок для УЭЦН. В числе главных производителей – «Подольсккабель», «Росскат», «Камский кабель», «Сибкабель» и др.

По требованиям эксплуатации современное нефтегазодобывающее оборудование при правильном подборе к скважинным условиям и сервисе должно сохранять работоспособность - 1000 суток. Известно, что добыча углеводородного сырья сопровождается борьбой с обводненностью нефти, газовыми факторами, парафино- и солеотложениями, а также воздействием агрессивных веществ на оборудование и трубопроводы. Положение усугубляется еще и тем, что доля скважин глубиной более 2000 метров и осложненных газовым фактором постоянно увеличивается, а это значит, что увеличивается тепловая нагрузка на детали и рабочие органы УЭЦН. Перечисленные факторы обуславливают необходимость контроля качества применяемых полимерных материалов. Установлено, что одной из главных

причин (более 30 %) отказов работы УЭЦН является нарушение изоляционного слоя электрокабеля, связанное с недостаточным ресурсом, конструктивными недостатками или несоответствием свойств, применяемых полимерных материалов современным требованиям нефтяников [2].

Нефтепогружные кабели (НПК) предназначены для того чтобы обеспечить электропитание двигателей нефтепогружных насосов, которые используются для добычи углеводородного сырья (нефти).

Учитывая специфику эксплуатации (погружение в скважинную жидкость, в состав которой входит вода, нефть и газы), такие кабели производятся со специальной ПЭ-изоляцией высокой плотности, с броней из стальной ленты [3].

Нефтепогружные кабели, предназначенные для продолжительной эксплуатации в скважинах согласно [3] можно разделить на:

1. Кабели, служащие для питания электрооборудования (негрузонесущие, выполняются одно-многожильными);
2. Кабели подогрева среды некоторых скважин для того чтобы увеличить объем добываемой нефти (грузонесущие, на них можно подвешивать тэны и грузы);
3. Кабели, служащие для питания электродвигателей, центробежных насосов, как для подъема нефти, так и воды или же других жидкостей (негрузонесущие, крепятся с помощью бандажей к насоснокомпрессорной трубе).

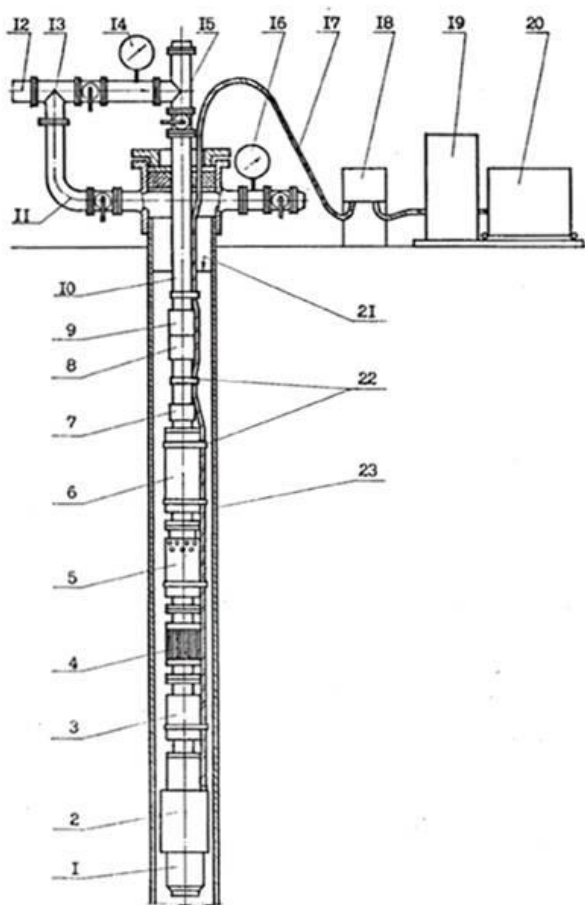
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Установка электроцентробежного насоса (УЭЦН)

УЭЦН относится к погружным бесштанговым насосным установкам лопастного типа. По количеству скважин, в которых работают такие насосы, они уступают установкам ШГН (штанговых глубинных насосов), но зато по объемам добычи нефти, которая добывается с их помощью, УЭЦН вне конкуренции. С помощью УЭЦН добывается порядка 80% всей нефти в России.

УЭЦН - обычный насосный агрегат, только тонкий и длинный. И умеет работать в среде отличающейся своей агрессивностью к присутствующим в ней механизмам. Состоит он из погружного насосного агрегата (электродвигатель с гидрозащитой + насос), кабельной линии, колонны НКТ (насосно-компрессорной трубы), оборудования устья скважины и наземного оборудования (трансформатора и станции управления) [4].

Приведем схему установки электрического центробежного насоса:



На схеме обозначены:

- 1- компенсатор;
- 2- погружной электродвигатель (ПЭД);
- 3- протектор;
- 4- приёмная сетка;
- 5- газосепаратор;
- 6- насос;
- 7- ловильная головка;
- 8- обратный клапан насосный;
- 9- спускной клапан;
- 10- колонна насосно-компрессорных труб (НКТ);
- 11- колено;
- 12- выкидная линия;
- 13- обратный клапан устьевой;
- 14,16 – манометры;
- 15- устьевая арматура;
- 17- кабельная линия;
- 18- соединительный вентиляционный ящик;
- 19- станция управления;
- 20- трансформатор;
- 21- динамический уровень жидкости в скважине;
- 22- пояс для крепления кабельной линии к НКТ;
- 23- пояс для крепления кабельной линии к насосу

агрегату и эксплуатационная колонна скважины

Рисунок 1 - Схема установки электрического центробежного насоса.

1.1.1. Основные узлы УЭЦН согласно

ЭЦН (электроцентробежный насос) – ключевой элемент установки, который собственно и осуществляет подъем жидкости из скважины на поверхность. Состоит он из секций, которые в свою очередь состоят из ступеней (направляющих аппаратов) и большого числа рабочих колес собранных на валу и заключенных в стальной корпус (трубу). Основные характеристики ЭЦН – это дебит и напор, поэтому в названии каждого насоса присутствуют эти параметры. Например, ЭЦН-60-1200 перекачивает 60 м³/сут жидкости с напором 1200 метров.

ПЭД (погружной электродвигатель) – второй по важности элемент. Представляет собой асинхронный электродвигатель, заполненный специальным маслом.

Протектор (или гидрозащита) – элемент, расположенный между электродвигателем и насосом. Отделяет электродвигатель, заполненный маслом от насоса заполненного пластовой жидкостью и при этом передает вращение от двигателя к насосу.

Кабель, с помощью которого к погружному электродвигателю подводится электроэнергия. Кабель бронированный. На поверхности и до глубины спуска насоса он круглого сечения (КРБК), а на участке погружного агрегата вдоль насоса и гидрозащиты - плоский (КПБК).

Дополнительное оборудование

Газосепаратор – используется для снижения количества газа на входе в насос. Если необходимости в снижении количества газа нет, то используется простой входной модуль, через который в насос поступает скважинная жидкость.

ТМС – термоманометрическая система. Градусник и манометр в одном лице. Выдает нам на поверхность данные о температуре и давлении той среды, в которой работает спущенный в скважину ЭЦН.

Вся эта установка собирается непосредственно при ее спуске в скважину.

Собирается последовательно снизу вверх, не забывая про кабель, который пристегивается к самой установке и к НКТ (колонна насосно-компрессорных труб), на которых все это и висит, специальными металлическими поясами. На поверхности кабель запитывается на устанавливаемые вблизи куста повышающий трансформатор (ТМПН) и станцию управления.

Помимо уже перечисленных узлов в колонне насосно-компрессорных труб над электроцентробежным насосом устанавливаются обратный и сливной клапаны.

Обратный клапан (КОШ - клапан обратный шариковый) используется для заполнения насосно-компрессорных труб жидкостью перед пуском насоса. Он же не позволяет жидкости сливаться вниз при остановках насоса. Во время работы насоса обратный клапан находится в открытом положении под действием давления снизу.

Над обратным клапаном монтируется **сливной клапан (КС)**, который используется для спуска жидкости из НКТ перед подъемом насоса из скважины.

Преимущества электроцентробежных погружных насосов

Электроцентробежные погружные насосы имеют значительные преимущества перед глубинными штанговыми насосами:

- Простота наземного оборудования;
- Возможность отбора жидкости из скважин до 15000 м³/сут;
- Возможность использовать их на скважинах с глубиной более 3000 метров;
- Высокий (от 500 суток до 2-3 лет и более) межремонтный период работы ЭЦН;
- Возможность проведения исследований в скважинах без подъема насосного оборудования;
- Менее трудоемкие методы удаления парафина со стенок насосно-компрессорных труб.

Применение электроцентробежных погружных насосов

Электроцентробежные погружные насосы могут применяться в глубоких и наклонных нефтяных скважинах (и даже в горизонтальных), в сильно обводненных скважинах, в скважинах с йодо-бромистыми водами, с высокой минерализацией пластовых вод, для подъема соляных и кислотных растворов. Кроме того, разработаны и выпускаются электроцентробежные насосы для одновременно-раздельной эксплуатации нескольких горизонтов в одной скважине со 146 мм и 168 мм обсадными колоннами. Иногда электроцентробежные насосы применяются также для закачки минерализованной пластовой воды в нефтяной пласт с целью поддержания пластового давления.

1.2. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕПОГРУЖНЫХ КАБЕЛЕЙ.

При эксплуатации НПК практически не подвергаются растягивающим нагрузкам, но подвержены значительно изгибающим, крутящим нагрузкам, а также воздействию сил трения при подъеме и опускании системы в скважину.

Кабели постоянно подвержены воздействию давления и температуры окружающей среды, влияние которой определяется ее составом, а так же составом растворенных в ней газов (наиболее концентрацией сероводорода). Так под действием термобарического фактора происходит набухание изоляции, изменение электромеханических характеристик, а так же большое влияние оказывают механические нагрузки при подъеме и опускании кабеля. Все эти факторы приводят к сокращению ресурсов кабеля.

Условия эксплуатации кабелей являются чрезвычайно жесткими:

- комплексное воздействие повышенной температуры;
- высокое гидростатическое давления;
- агрессивно эксплуатационная среда;
- затрудненные условия теплоотвода от кабеля;
- механические воздействия;
- высокий газовый фактор скважной жидкости;
- перепад давления и температуры по длине кабельной линии во время эксплуатации;

В процессе эксплуатации кабельных линий для погружных электронасосов верхний конец кабеля находится на поверхности земли, при этом наблюдается существенное различие между температурой на поверхности земли и температурой среды скважины. Для эксплуатации в западной Сибири в зимнее время перепад температур может достигать 130°C . Также нужно учитывать повышение температуры кабельной линии за счет тепла, которое выделяется электродвигателем и насосом. При нормальных режимах перепад температур может достигать 20°C , в аварийных режимах от $40-50^{\circ}\text{C}$ и выше происходит срыв нефти, что приводит к расплавлению изоляции, а вследствие и к короткому замыканию между жилами. Рабочей температурой кабеля называется температура кабеля в месте соприкосновения его с насосом [5].

1.3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К НЕФТЕПОГРУЖНЫМ КАБЕЛЯМ.

Выход из строя нефтепогружных кабелей показывает их работоспособность, которая в основном зависит от надежности изоляции.

Выход из строя изоляции кабелей может быть вызван двумя причинами: электрическим пробоем и снижением сопротивления изоляции ниже допустимого значения [6].

1.3.1. Требования к электрическим параметрам.

Электрическое сопротивление изоляции основных жил и готового кабеля, пересчитанное на длину 1 км и температуру 20 °С должно быть :

- для кабелей с пластмассовой изоляцией – $R_{из} > 2500 \text{ МОм}$;
- для кабелей с резиновой изоляцией – $R_{из} > 500 \text{ Мом}$

В нефтепогружных кабелях жестко регламентируется сопротивление ТПЖ согласно [6] приведенное в таблице 1.

Таблица 1

Номинальное сечение жилы, мм ²	Электрическое сопротивление жилы при 20 °С Ом/км , не более	Расчетная масса меди в трехжильном кабеле на длине 1 км, кг/км	
		плоский	круглый
6	3,08	160,00	165,00
8	2,25	213,00	220,00
10	1,83	264,00	273,00
13,3	1,40	352,00	364,00
16	1,15	424,00	438,00
21,15	0,863	564,00	583,00
25	0,727	637,00	679,00
35	0,524	926,00	957,00
50	0,387	1303,00	1347,00

Также оговаривается ток утечки через изоляцию при постоянном испытательном напряжении $U_{исп}=1,4-18 \text{ кВ}$. Данные согласно [6] приведены в таблице 2.

Таблица 2

Номинальное напряжение, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Ток утечки изоляции при испытательном напряжении, мкА, не более, для кабелей	
		С пластмассовой изоляцией	С резиновой изоляцией
2,5	14,0	10	50
3,3	18,0		

1.3.2. Требования стойкости к механическим воздействиям.

Кабели должны быть стойкими к изгибам при навивании на цилиндр диаметр которого равен 15-кратному максимальному диаметру кабеля.

Для плоского кабеля за диаметр принимаем значение, численно равное отношению максимального наружного периметра к числу π . Испытания проводят на образце кабеля длиной не менее 3м. Кабели должны выдерживать раздавливающую нагрузку не менее согласно [6]:

98 кН (10тс) – для кабелей с основными жилами сечением 6-8 мм²;

158 кН (16тс) – для кабелей с основными жилами остальных сечений.

1.3.3. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам и надежности.

Кабели с статическом состоянии должны быть стойкими к воздействию температуры воздуха до минус 60°C и смене температур от минус 60°C до длительно допустимой температуры нагрева жил согласно [6].

1.4. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ НЕФТЕПОГРУЖНЫХ КАБЕЛЕЙ.

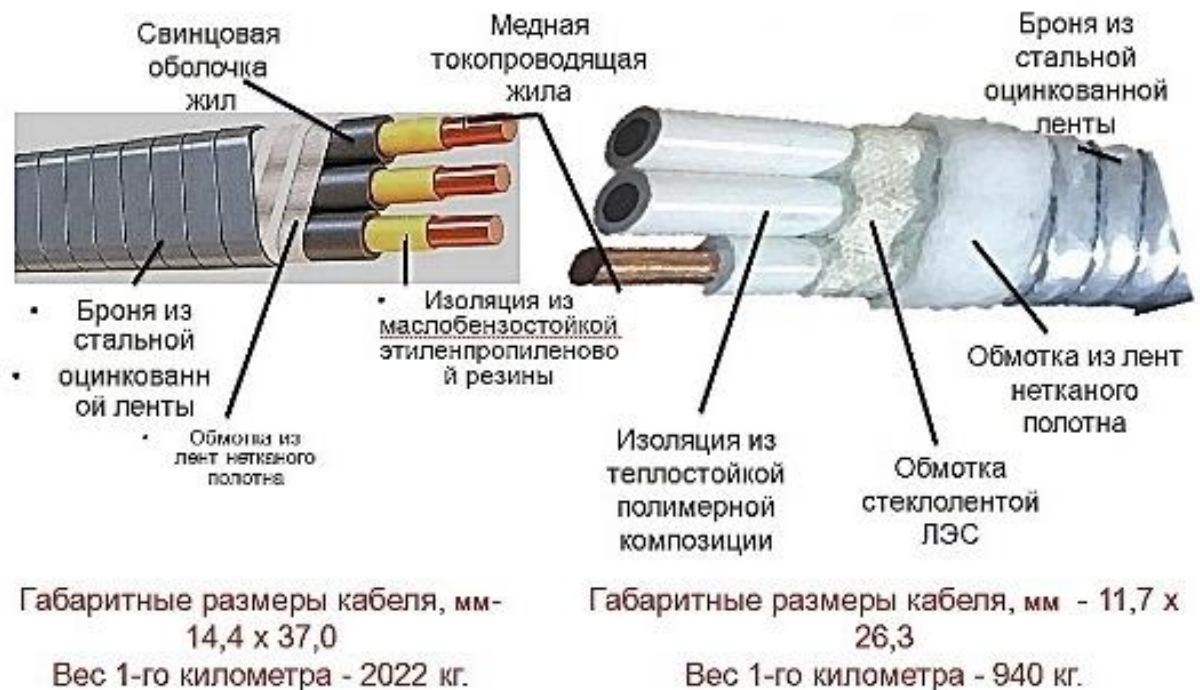


Рисунок 2- Общий вид типовой конструкции нефтепогружного кабеля.

Токопроводящие жилы (ТПЖ) выполняются 1-ого и 2-ого класса гибкости:

- однопроволочные при $S_n < 16 \text{ мм}^2$;
- многопроволочные при $S_n > 16 \text{ мм}^2$

Исключение при $S_n < 13,3$ и $21,5 \text{ мм}^2$ могут быть однопроволочными , так и многопроволочными .

Изоляция кабеля должна выполняться двухслойной, полимерной, а иногда трехслойной. По изоляции допускается наложение бандажей, которые усиливают покрытие (для резиновой изоляции). Выполняется лентами с 50%-ным перекрытием из прорезиненной ткани или нетканого термоскрепленного полотна.

Оболочка. В кабелях с пластмассовой изоляцией, по изоляции накладывается оболочка, индивидуально или общая (редко).

Может быть из того же материала, как и изоляция или материала стойкого к действию пластовой жидкости.

Броня. Под броню накладывается подушка для защиты оболочки от механических повреждений при наложении брони. Подушка выполняется из лент нетканого лил-термоскрепленного полотна. Ленты накладываются с 40%- ным перекрытием. Броня выполняется из стальных оцинкованных лент или из лент коррозионностойкой стали. ГОСТ регламентирует толщину и ширину лент брони.

Маркировка нефтепогружных кабелей осуществляется согласно примеру приведенному ниже , в данной схеме можно увидеть как расшифровать нефтепогружной кабель :

К	X X X X X X	<u>XX ИЛИ XXX</u>	
			Кабель
			Материал первого слоя изоляции
			Материал второго слоя изоляции (при его наличии)
			Материал оболочки(при ее наличии)
			Подушка в виде общей оболочки (при ее наличии)
			Материал брони
			Конструктивное исполнение
			Длительно допустимая температура нагрева жил

Основные ТПЖ кабелей могут быть одно - или семипроволочными, а контрольные жилы обязательно должны быть семипроволочными, также допускается лужение жил оловянно-свинцовыми припоями.

Поверх ТПЖ накладывается изоляция, которая должна плотно прилегать к ТПЖ, также в изоляции не должно быть пор и инородных включений, а на поверхности – трещин, вмятин и утолщений, которые могут вывести номинальные размеры изолированной жилы за предельные

отклонения. Допускается выполнение изоляции из разнородных материалов, починка изоляции жил при изготовлении кабелей не допускается.

Поверх изолированной жилы может быть наложена оболочка, которая должна плотно прилегать к изоляционному материалу и легко отделяться от изоляции не приводя к ее повреждению.

В оболочке так же, как и в изоляции не должно быть пор, инородных включений и трещин, а на ее поверхности – вмятин и утолщений, которые так же могут вывести номинальные размеры оболочки за предельные отклонения, починка оболочки при изготовлении кабелей не допускается.

Поверх изоляции или оболочки жилы может быть наложен бандаж в виде обмотки лентами с перекрытием не менее 50% или оплетки плотностью не менее 85%. Бандаж должен быть плотно наложен на изоляцию или оболочку.

На скрученные изолированные жилы круглых и плоских кабелей, которые уложены параллельно, продольно прокладывают маркировочную ленту и накладывают подушку под броню, если подушка выполнена в виде общей оболочки, то маркировочная лента накладывается поверх подушки. Материал маркировочной ленты должен быть устойчив к механическим воздействиям брони и влиянию внешней среды также как и обозначения на маркировочной ленте.

Подушка под броню может выполняться в виде обмотки лентами с перекрытием не менее 40%, оплетки плотностью не менее 70%.

Подушка должна быть плотно наложена на жилы кабеля и легко отделять от изоляции или оболочек без их повреждения. Подушка в виде общей оболочки не должна иметь трещин и сквозных пор, промежутки между жилами под подушкой могут иметь заполнения, также допускается отсутствие подушки в кабелях, которые имеют бандаж поверх изоляции или оболочек жил.

Поверх подушки кабеля или жил, имеющих бандажи, накладывается броня из лент, номинальные размеры которых должны соответствовать значениям, указанным в таблице 3.

Таблица 3

Тип ленты	Конструктивное исполнение кабеля	Номинальное сечение основных жил, мм ²	Номинальные размеры ленты, мм	
			Толщина	Ширина
Стальная оцинкованная	Круглый	6 и 8	0,4	10-15
		10-50	0,5	10-15
	Плоский	6 и 8	0,4	15-20
		10-50	0,5	15-20
Из коррозионностойкой	Круглый	6 и 8	0,3	10-15
		10-50	0,4	10-15
	Плоский	6 и 8	0,3	15-20
		10-50	0,4	15-20

1.5. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕФТЕПОГРУЖНЫХ КАБЕЛЕЙ.

1.5.1. Проводниковые материалы : основные проводниковые материалы используемые в нефтепогружных кабелях приведены ниже.

- медь,
- алюминий,
- стальная оцинкованная проволока

Медь - металл красноватого цвета, который имеет высокую электрическую проводимость. При наличии даже небольшого количества примесей электропроводность меди резко снижается, допустимое количество примесей должно быть не более 0,1%.

Параметры меди согласно [8]:

Плотность при 20°C, кг/м ³	8890
Температура плавления, °C	1083
Удельное электрическое сопротивление при 20 °C	
(отожженная медь), Ом·мм ² /м.....	0,01724

Алюминий – металл серебристого цвета, относится к группе легких металлов. Занимает второе после меди место по величине проводимости. При изготовлении проводов и кабелей для ТПЖ применяется алюминий технической чистоты, в котором содержится марганец не более 0,01%, магний не более 0,02% и мышьяка не более 0,015%.

Параметры алюминия согласно [8]:

Плотность при 20°C, кг/м ³	2700
Температура плавления, °Cz	658
Удельное электрическое сопротивление при 20 °C (отожженный алюминий), Ом·мм ² /м.....	0,004

Стальная оцинкованная проволока – наиболее дешевый из проводниковых материалов, обладает высокой механической прочностью. Удельно электрическое сопротивление стали выше, чем у меди и алюминия.

1.5.2. Материал изоляции: в качестве изоляции применяются материалы приведенные ниже.

- пленка полиимидно-фторопластовая (И),
- лаковая (эмалевая) изоляция (Л),
- полиэтилен высокой плотности (П),
- полиэтилен высокой плотности вулканизированный (Пв),
- композиции полипропилена, сополимеры и блоксополимеры пропилена (Пп),
- резины на основе этиленпропиленового каучука (Э),
- фторсополимеры (Ф),
- термоэластопласты (Т).

Полиимидная пленка (ПМ-1) изготавливается методом полива из полиимидного лака АД-9103, полученного в растворе диметилформамида.

Полиимидная пленка прозрачна, ее цвет меняется в зависимости от толщины: от темно-желтого до светло-коричневого.

Пленка ПМ-1 характеризуется высокими физико-механическими показателями. Она эластична в широком диапазоне температур. Обладает высокой усталостной и долговременной прочностью и низкой ползучестью. Полиимидная пленка относится к антифрикционным материалам. Она не растворяется в органических растворителях, стойка в маслах, разрушается (гидролизует) под действием концентрированных кислот и щелочей. Обладает высокой радиационной стойкостью. Основной особенностью этого материала является способность сохранять механические и электроизоляционные свойства в широком интервале температур (от -200 до + 400°C).

Эмалевая изоляция состоит из слоя эмалевого лака, нанесенного за 3-12 покрытий с последующей сушкой и полимеризацией. Наиболее распространенным видом изоляции эмалированных проводов является эмальлак на поливинилацеталевой основе. Ацеталями называют простые эфиры, получаемые при конденсации спирта и альдегида выделением воды. Продукт взаимодействия поливинилового спирта с формальдегидом называют формалем, а с масляным альдегидом- бутиралем.

Поливинилформаль и резольная смола являются основой эмальлака формекс и других выпуска в ряде стран лаков. Этот ацеталь имеет ограниченную растворимость в органических растворителях. В качестве растворителя этого лака применяют крезол, обладающий повышенной токсичностью. Эмальлак металлии представляет собой раствор поливинилформалья , реальной смолы и стабилизатора в метапаракрезоле с разбавлением последнего сольвентнафтом .

Готовый лак содержит 15,8-16,2% : лаковой основы.

Полиэтилен низкой плотности (LDPE) – ПЭ с сравнительно сильно разветвленной макромолекулой и низкой плотностью (0,916–0,935 г/см³). Процесс его изготовления протекает при очень высоком давлении от 100 до

300 мПа и температуре 100–300 °С , поэтому обозначается так же, как полиэтилен высокого давления (ПЭВД).

Полипропилен (полипропен , ПП) – соответствует химической формуле $(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-)_n$.

Полипропилен блок-сополимер, блок сополимер пропилена и этилена, полипропилен статический сополимер, статический сополимер пропилена и этилена, полипропилен гомополимер. Сырьем для полипропилена служит газ пропилен (пропен). В промышленности получают полимеризацией пропилена главным образом в массе, а также в растворе. Реакцию в массе осуществляют при 70-80°С и давление 2,7-3,0 МПа. Благодаря отсутствию растворителя упрощается выделение и сушка полипропилена. Полимеризацию в растворе (растворитель – гептан, низкооктановые фракции бензина: $t=70-80^\circ\text{C}$, $p=0,5-0,1$ МПа, катализаторы – хлориды титана TiCl_3 с алюминийорганическими соединениями $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}$) проводят до содержания полипропилена в растворителе 300-400 г/п. После отделения на центрифуге полипропилен отмывают от остатков катализатора спиртом, смесью воды со спиртом .

Порошкообразный полипропилен сушат, смешивают со стабилизаторами, красителями и затем гранулируют. Как правило, полипропилен выпускают в виде гранул диаметром 2-5 миллиметров (намного реже в виде порошка). ПП относится к классу полиолефинов. Существует несколько подклассов полипропилена. Показатель текучести расплава ($230^\circ\text{C}/2.16$ кг·г/10мин)-0,2-55; легко кристаллизуется (максимальная степень кристалличности 75%); температура стеклования (температура размягчения) от -10 до -20°С; температура плавления – 160 - 176 °С; термическая деструкция начинается при 300°С ; плотность – 0,90-0,92 г/см³; усадка – 1,3-2,4%.

Термоэластопласты представляют собой материалы, которые сочетают в себе характеристики перерабатываемости термопластов и физические

свойства вулканизованных резин. В настоящее время известны ТЭП на основе почти всех классов полимерных соединений:

Термопластичные вулканизированные эластомеры (TPV) получают путем динамической вулканизации смесей полиолефинов (ПП/ПЭ) и этилен-пропилен-диенового каучука (EPDM).

TPV отличается высокая стойкость к озону и ультрафиолетовым излучениям, стойкость к воздействию различных жидкостей и растворителей, широкий температурный интервал работоспособности (от - 60 до 150 °С), низкая усадка и стабильность размеров изделия, сопротивление ударным нагрузкам, выносливость к многократному изгибу, широкий выбор предлагаемых материалов, хорошая восстанавливаемость после деформации.

Стирольные термопластичные эластомеры (TPS) получают путем смешения полиолефинов (ПЭ, ПП) и стирольных блок-сополимеров, таких как стирол-бутадиен-стирол (SBS) или стирол-этилен-бутилен-стирол (SEBS). Структура TPS на основе SBS является химически ненасыщенной, что делает их не стойким к ультрафиолету, воздействию озона, и ограничивает верхний предел температуры эксплуатации. В этой связи область применения TPE-S на основе SBS ограничена.

1.5.3. Материалы оболочек применяемые в нефтепогружных кабелях:

- полиэтилен высокой плотности (П),
- композиции полипропилена, сополимеры и блоксополимеры пропилен с этиленом (Пп),
- резины на основе этиленпропиленового каучука (Э),
- термоэластопласты (Т),
- резины на основе нитрильного каучука (Н),
- свинец и его сплавы (С).

Ни одно современное производство не может обойтись без применения разнообразных уплотнительных изделий, таких как материал EPDM (ethylene propylene diene monomer) и резина губчатая ТМКЩ. Они создаются

на основе пористой резины, которая отличается превосходными эксплуатационными характеристиками, высокой прочностью и долговечностью. Благодаря этим качествам пористая резина нашла широкое применение не только на производстве, но и в различных отраслях народного хозяйства. Структура пористой резины уникальна: в ней содержится большое количество пустот. Именно эта особенность объясняет уникальные эксплуатационные свойства пористых резин. Одно из самых важных преимуществ пористых резин EPDM является их высокая способность к поглощению ударов и прочность, позволяющая сохранять форму и основные параметры резинотехнических изделий. Это свойство позволяет использовать пористые резины ЕПДМ как материал для производства резинотехнических изделий, предназначенных для эксплуатации в условиях регулярного воздействия существенных динамических нагрузок.

Морозостойкость резин из БНК снижается при повышении содержания акрилонитрила (АН) в каучуке. По данным, значение T_{hr} для резин на основе БНК, содержащих 20, 28, 33, 40 и 50% АН, составляет -57, -49, -42, -26 и -15 °С. При динамических испытаниях резин на основе БНК, содержащих 18, 28, 34 и 39 % АН, значение T_c составляет -38, -28, -18 и -8°С.

Вулканизирующая система, тип и содержание наполнителей мало влияют на морозостойкость резин из БНК, исключая повышенную морозостойкость пероксидных вулканизаторов. По данным, морозостойкость радиационного и пероксидного вулканизаторов БНК на 10 °С выше, чем серных.

Добавление ПБ повышает морозостойкость резин из БНК, но увеличивает их набухание в топливах и маслах, рекомендуется добавление ББК. Морозостойкость резин из БНК снижается при введении в резиновую смесь ПВХ. В отличие от других показателей морозостойкости значение T_{hr} снижается при повышении содержания каучука в резиновой смеси и использовании активного технического углерода.

Свинец — очень пластичный металл и широко применяемый в промышленности, как в чистом виде, так и в виде сплавов с другими компонентами. Он хорошо поддается обработке, обладает хорошими литейными свойствами, но низкая механическая прочность и относительно высокая ползучесть ограничивают его применение как конструкционного материала.

Высокая стойкость свинца против коррозии во многих минеральных кислотах обусловила его широкое применение в химической промышленности для облицовки химической аппаратуры, трубопроводов и емкостей, для горячего свинцевания вместо лужения. Свинец стоек против коррозии потому, что на его поверхности образуется пленка гидроокиси при соприкосновении с воздухом и пленка сернокислого свинца при соприкосновении с серной кислотой.

1.5.4. Конструкции подушки под броней : данные конструкции могут быть выполнены различными способами.

- обмотка или оплетка (без обозначения),
- общая оболочка(О).

Метод обмотки заключается в наложении лент на жилы в виде цилиндрической спирали. При наложении возможно три метода обмотки (рисунок 3) встык (а); с перекрытием (б); с зазором (в):

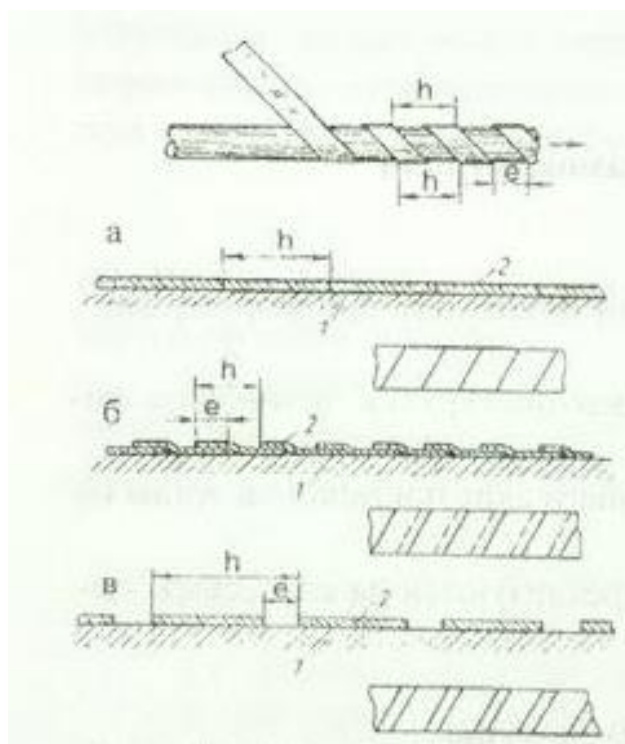


Рисунок 3 – Изолирование обмоткой

1.5.5. Материал брони, под материалами брони чаще всего подразумевают ленты изготовленные из низкоуглеродистой стали а именно:

- лента стальная оцинкованная (Б),
- лента из коррозионностойкой стали (Бк).

Изготавливаются из низкоуглеродистой стали. Для бронирования кабелей плоского и круглого типа, которые применяются в УЭЦН используют ленты подгруппы Апр. Апр- лента, оцинкованная горячим способом, для изготовления плоской брони.

2.МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Методика определения набухания и линейной усадки изоляции.

Набухание изоляции НПК определяется путем измерения диаметра изоляции каждого образца, в процессе выдержки в агрессивной среде. Диаметр измеряется в пяти различных точках в двух положениях с изменением положения на 90° на каждом образце.

Под линейной усадкой подразумевается разница между начальной и конечной длиной образцов после пребывания их в агрессивной среде. Измерения проводятся цифровым штангенциркулем марки ЩЦЦ-1-125-0,01 ГОСТ 166.



Рисунок 4 – Общий вид герметичной капсулы для выдержки образцов в агрессивной среде

2.2. Определение электрофизических характеристик изоляции в процессе старения в агрессивной среде.

Испытания проводятся в барокамере, которая представляет собой стальную трубу с установленной в ней зоной нагрева. В данную трубу помещаются образцы изолированных жил, через воронку заливается нефть

Оценка изменения электрофизических характеристик проводится путем определения сопротивления изоляции при выдержке образцов кабеля в агрессивной среде.

Общий вид установки представлен на рисунке 5.

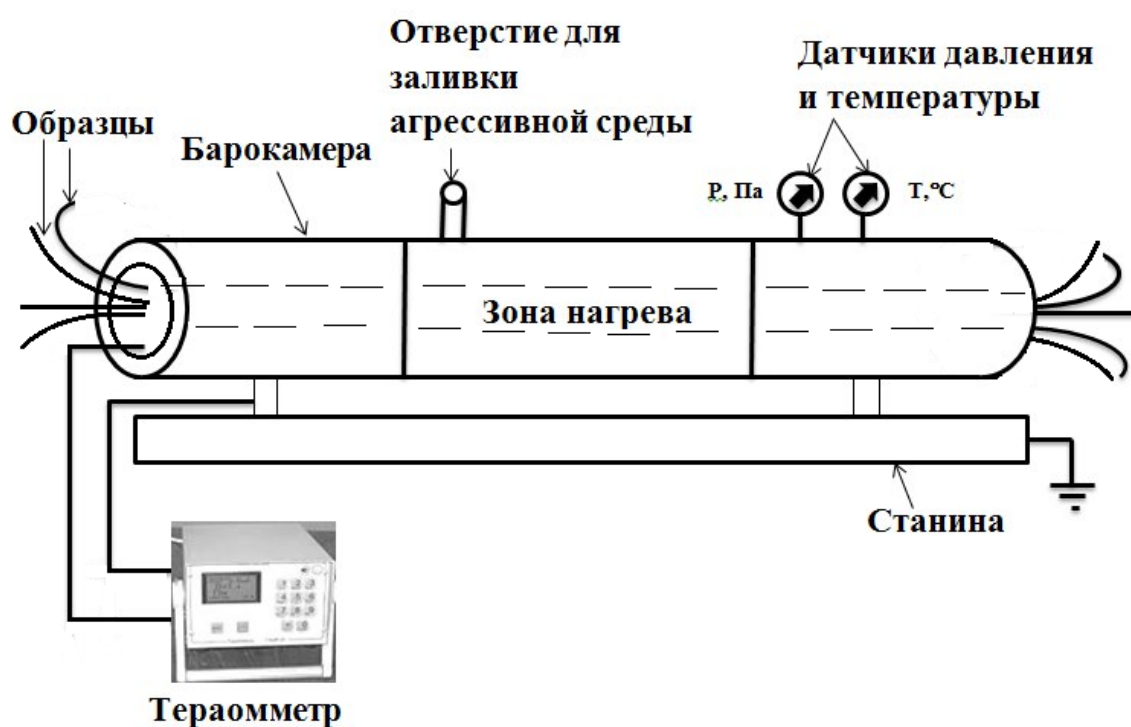


Рисунок 5 – Общий вид установки для проведения термобарических испытаний.

Описание барокамеры согласно [11].

Камера испытательная высокого давления состоит из центрального корпуса в виде трубы НКТ, на наружную поверхность которого уложены две термодпары для измерения и контроля температуры нагрева рабочей жидкости в двух зонах.

На концы трубы накручены корпуса концевые. Один из концевых корпусов имеет заливное отверстие для рабочей жидкости, которое закрывается конической пробкой. Другой корпус имеет два отверстия: одно, боковое, для соединения камеры испытательной с разделителем сред диафрагменным с помощью стальной трубки высокого давления с врезными кольцами и накидными гайками, другое- для соединения с помощью такой же трубки камеры испытательной со сливной магистралью камеры. Сливная магистраль состоит из переходника, к которому с одной стороны подсоединяется трубка, с другой- дроссель с шаровым краном высокого давления и трубкой для слива рабочей жидкости или масла из камеры в емкость для утилизации.

На боковых сторонах концевых корпусов установлены два датчика аварийного отключения установки при превышении требуемой температуры камеры. Для нагрева рабочей жидкости до температуры испытания на корпус испытательной камеры наложена обмотка индукционного нагрева с огнетеплоизолирующей прослойкой.

В качестве рабочей жидкости применяется жидкость – имитатор пластовой жидкости с температурой вспышки не ниже 250°C. Состав имитатора пластовой жидкости : вода (1 л), машинное масло И40А (1 л) и ионы солей NaCl – 20 гр., CaCl₂ – 6 гр., FeCl₃ – 2 гр., KJ – 0,1 гр.

В испытательную камеру закладывается образец НПК, который подвергается испытанию. После закладки кабеля в испытательную камеру, предварительно разделанные концы кабеля (с двух сторон) уплотняются по изолированным жилам при помощи конусообразных сальников, изготовленных из теплостойкой резиновой смеси и конструкция которых аналогична применяемым в узле кабельного ввода на устье скважин. Камера испытания заполняется рабочей жидкостью при испытаниях, либо гидравлическим маслом при консервации.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Объекты исследования

В качестве объекта исследования использовались следующие образцы :
Тип 1 – изолированные ТПЖ НПК $D=9,45$ мм, $l=20$ см .

Изоляция в данных образцах блоксополимер этилен-пропилен.

Образцы испытывались в следующих состояниях: без деформации; с деформацией на различных диаметрах стальных труб - а) деформация с относительным удлинением на 5% (диаметр трубы 35 мм); б) деформация с относительным удлинением на 11% (диаметр трубы 15 мм); в) деформация с относительным удлинением на 27% (диаметр трубы 5 мм).

Данные образцы были деформированы после нахождения в камере охлаждения при температуре минус 30°C . Образцы тип 1 изображены на рисунке 6.



Рисунок 6 – Образцы тип 1 изолированные ТПЖ НПК

Тип 2 – макетные образцы $D=1.9\text{мм}$, $l=40\text{ см}$. Изоляция в данных образцах блоксополимер этилен-пропилен.

Образцы испытывались в следующих состояниях: без деформации; с деформацией на различных диаметрах стальных труб - а) деформация с относительным удлинением на 5% (диаметр трубы 35 мм); б) деформация с относительным удлинением на 11% (диаметр трубы 15 мм); в) деформация с относительным удлинением на 27% (диаметр трубы 5 мм).

Данные образцы были деформированы после нахождения в камере охлаждения при температуре минус 30°C . Образцы тип 2 изображены на рисунке 7.

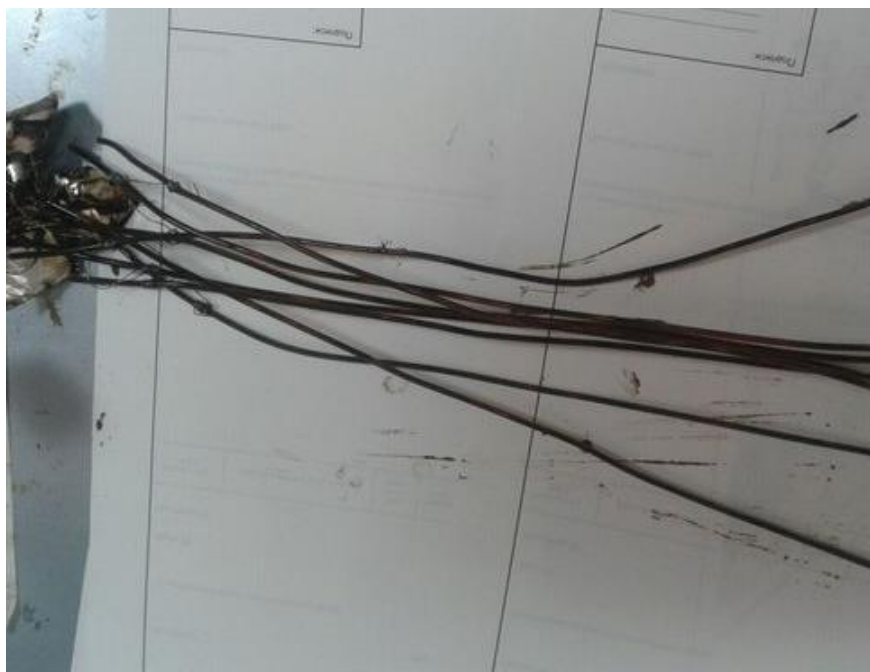


Рисунок 7 – Тип 2 макетные образцы

Блок-сополимер пропилена с этиленом (сополимер) был синтезирован в конце пятидесятих годов [12] .

Блок-сополимер - это цепочка молекул пропилена, прерываемая цепочкой этилен-пропилен сополимера.

Блок-сополимеры пропилена с этиленом производятся в виде, однородных по цвету, гранул. Они имеют : высокую ударную прочность (при низких температурах) и высокую эластичность; повышенную долговременную термическую стабильность; стойкость к термоокислительному разрушению во время производства и переработке полипропилена , а также при эксплуатации изделия из него.

Блок-сополимер полипропилена обладает следующими свойствами согласно [12]:

- Климатическая и химическая стойкость: при высоких температурах - к щелочам, кислотам, растворам солей, растительным и минеральным маслам; при комнатной температуре — к органическим растворителям; БС имеет низкое влагопоглощение. Благодаря этим свойствам, все изделия из данного материала могут стерилизоваться, долго находиться в жидких агрессивных средах и совершенно неопасны при контакте с продуктами .
- Температурный режим: max температура – до 140°C, температура плавления - 170°C . Блок-сополимер морозостоек (модифицированные марки эксплуатируются при температуре ниже - 40°C, не модифицированные марки - до - 30°C) .
- Электроизоляция : некоторые марки имеют электрическую прочность более 100 кВ/мм.
- Механические свойства: блок-сополимер обладает значительной ударопрочностью, пониженной твердостью и жесткостью, повышенной износостойкостью.

Самый распространенный метод модификации блок-сополимера полипропилена - это придание ему антистатического свойства с помощью специальных антистатических добавок. Эти добавки не дают налипать пыли на изделия из данного материала. Благодаря введению таких добавок, как нуклеаторы БС становится прозрачным, что позволяет значительно

расширить ассортимент изделий, производимых из данного вида полипропилена. Введение добавок-антипиренов придает БС огнестойкость и существенно расширяет сферу его применения. Наиболее типичной областью применения огнестойкого полипропилена является электротехника.

БС полипропилена достаточно прост в переработке, при введении определенных добавок (рециклата) физико-механических свойства полипропилена не изменяются [12].

Полипропилен имеет более высокую температуру плавления, чем полиэтилен, и соответственно более высокую температуру разложения. Чистый изотактический полипропилен плавится при 176 °С. Максимальная температура эксплуатации полипропилена 120—140°С. Все изделия из полипропилена выдерживают кипячение, и могут подвергаться стерилизации паром без какого-либо изменения их формы или механических свойств. Превосходя полиэтилен по теплостойкости, полипропилен уступает ему по морозостойкости.

Его температура хрупкости (морозостойкости) колеблется от –5 до –15°С. Морозостойкость можно повысить введением в макромолекулу изотактического полипропилена звеньев этилена (например, при сополимеризации пропилена с этиленом).

Показатели основных теплофизических и электрических свойств полипропилена приведены в таблице 4 согласно [12]:

Таблица 4

Температура плавления, °С	160-170
Удельная теплоёмкость (от 20 до 60°С), кал/(г·°С)	0,46
Термический коэффициент линейного расширения (от 20 до 100 °С), 1/°С	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Температура хрупкости, °С	От –5 до –15
Удельное объёмное электрическое сопротивление, Ом·см	$10^{16}—10^{17}$
Диэлектрическая проницаемость при 106 Гц	2,2
Тангенс угла диэлектрических потерь при 106 Гц	$2 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-5}$
Электрическая прочность (толщина образца 1 мм), кВ/мм	30-40

3.2. Определение набухания изоляции.

Сравнительные (оценочные) испытания в нефти и трансформаторном масле.

В соответствии с методикой описанной в пункте 2.1. провели испытания образцов типа 1 и тип 2, полученные результаты сведем в таблицу 5 и построим график данных образцов в течение времени пребывания в агрессивной среде и изменения диаметра образцов данных образцов.

Таблица 5

№ образца	0 ч/диз, мм	24 ч/диз, мм	48 ч/диз, мм	72 ч/диз, мм
1Т	1,9	2,013	2,029	1,98
2Т	1,9	2,026	2,005	2,017
3Т	1,9	2,023	2,023	2,014
4Т	1,9	2,035	2,039	2,023
5Т	1,9	2,025	2,039	2,015
Ср.значение	1,9	2,024	2,037	2,01
1Н	1,89	2,028	2,023	2,027
2Н	1,89	2,034	2,007	1,99
3Н	1,89	2,032	2,028	1,99
4Н	1,89	2,033	2,025	2
5Н	1,89	2,026	2,03	2,02
Ср.значение	1,89	2,03	2,02	2,01

По данным из таблицы 5 строим график по средним значениям диаметра изоляции с различной выдержкой в агрессивной среде.

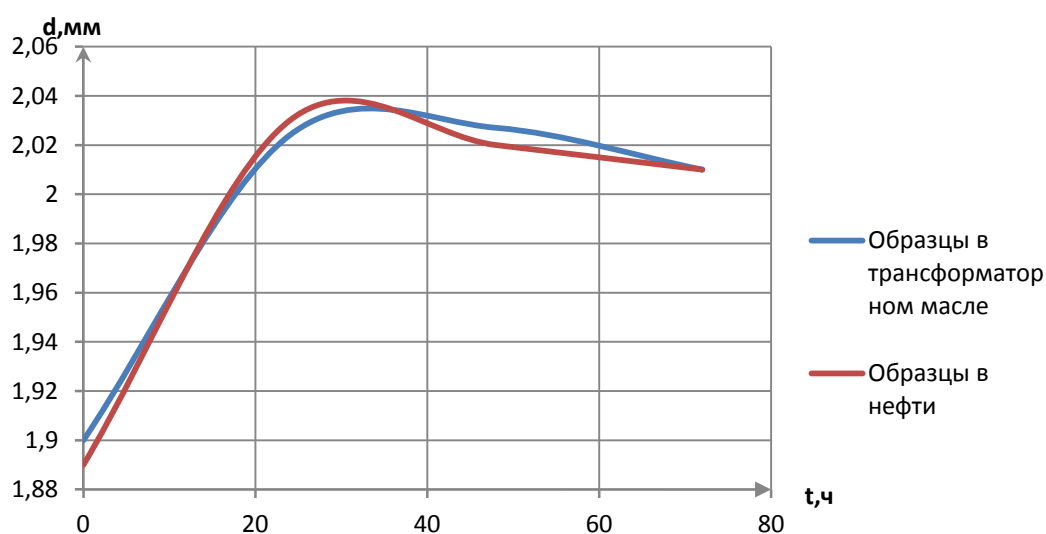


Рисунок 8 – график зависимости изменения диаметра жилы от времени выдержки в агрессивной среде

После проведения сравнительно (оценочных) испытаний полученные результаты говорят о высокой сходимости испытаний при проведении в трансформаторном масле и нефти и тем самым подтверждая безопасный уровень температуры старения. Перейдем к испытания на определение набухания изоляции образцов тип1 и тип 2.

В соответствии с методикой описанной в пункте 2.1. провели испытания образцов типа1 и тип 2. Полученные результаты сведем в таблицу 6, которая приведена в приложении А.

Построим график данных образцов в течение времени пребывания в агрессивной среде и изменения диаметра образцов данных образцов.

По полученным данным строим графики по средним значениям диаметра изоляции с различной выдержкой в агрессивной среде.

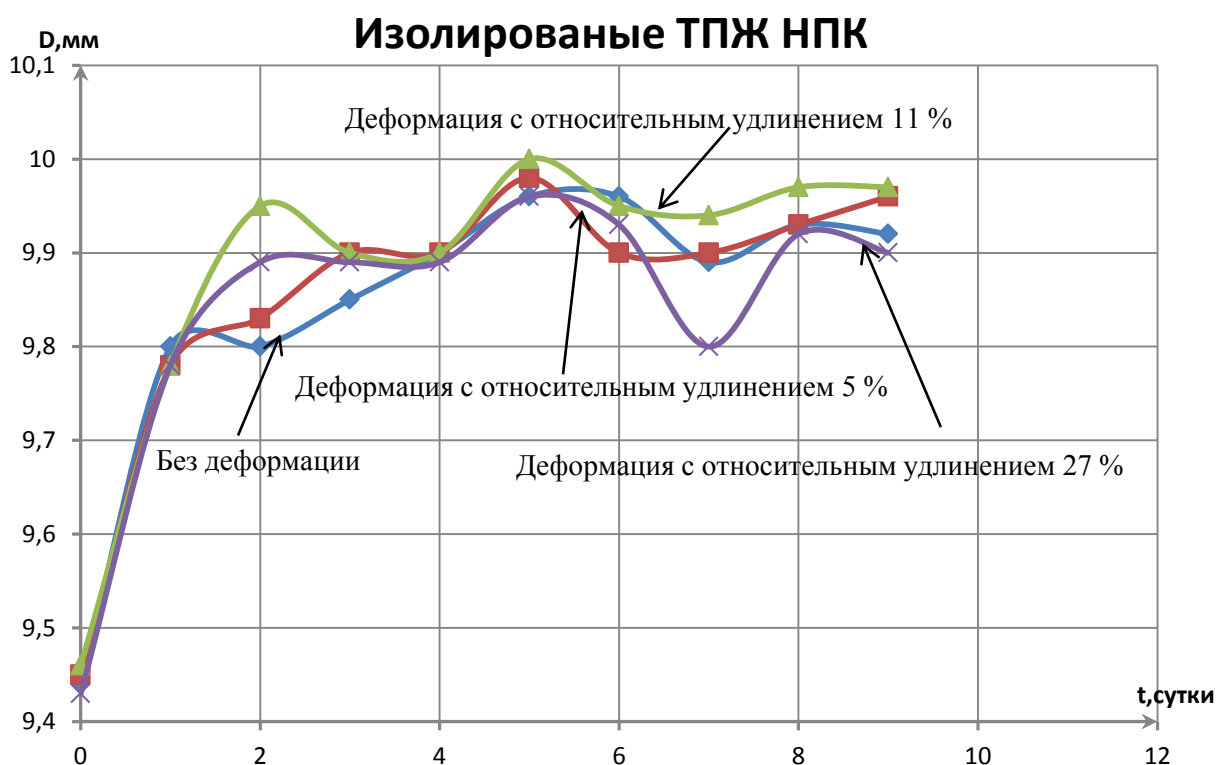


Рисунок 9 –Изменение диаметра образца 1 Типа от времени выдержки в агрессивной среде при различной деформации при температуре + 20°C

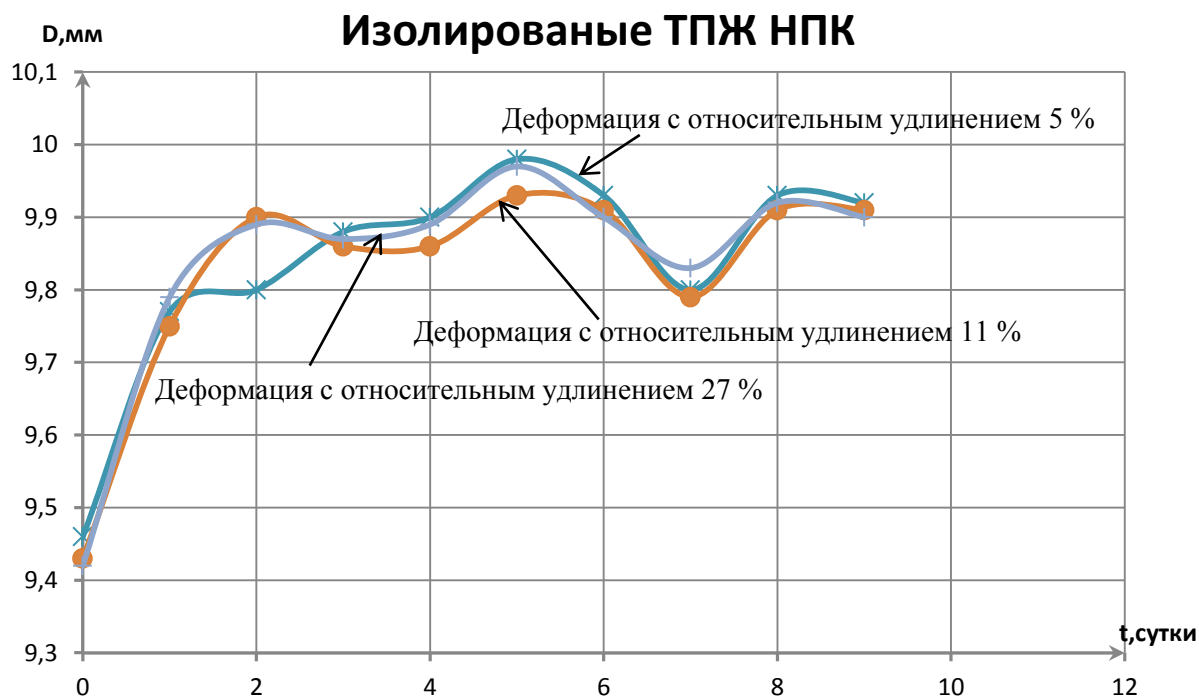


Рисунок 9 – Изменение диаметра образца 1 Типа от времени выдержки в агрессивной среде при различной деформации при температуре - 30°C

По полученным данным строим графики по средним значениям диаметра изоляции с различной выдержкой в агрессивной среде макетных образцов.

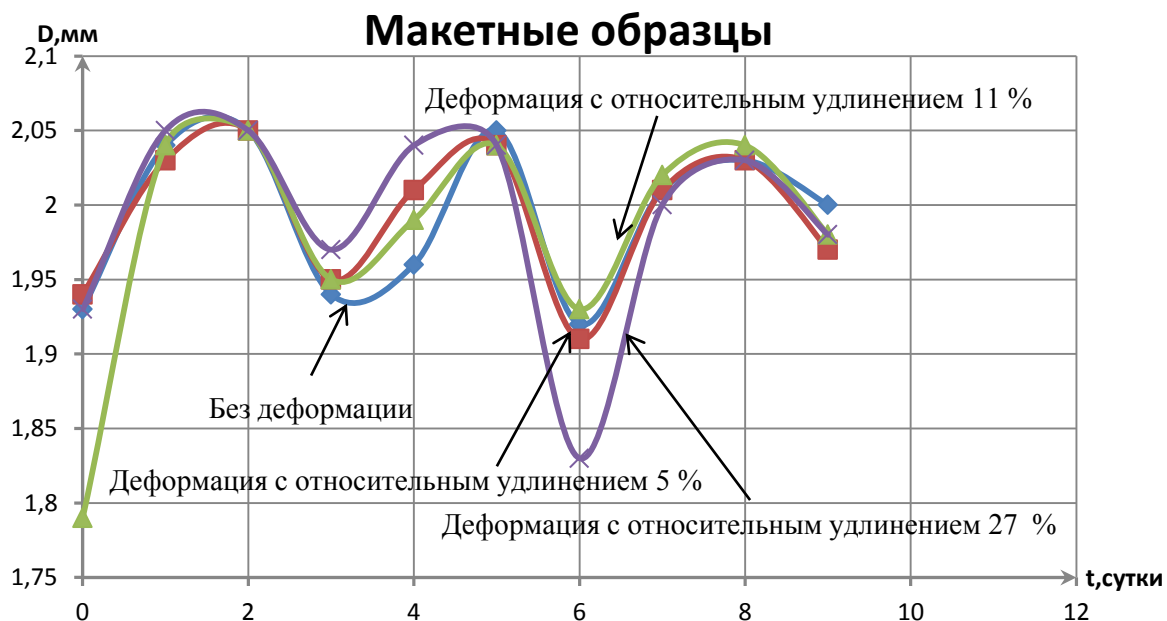


Рисунок 9 –Изменение диаметра образца 2 Типа от времени выдержки в агрессивной среде при различной деформации при температуре + 20°C

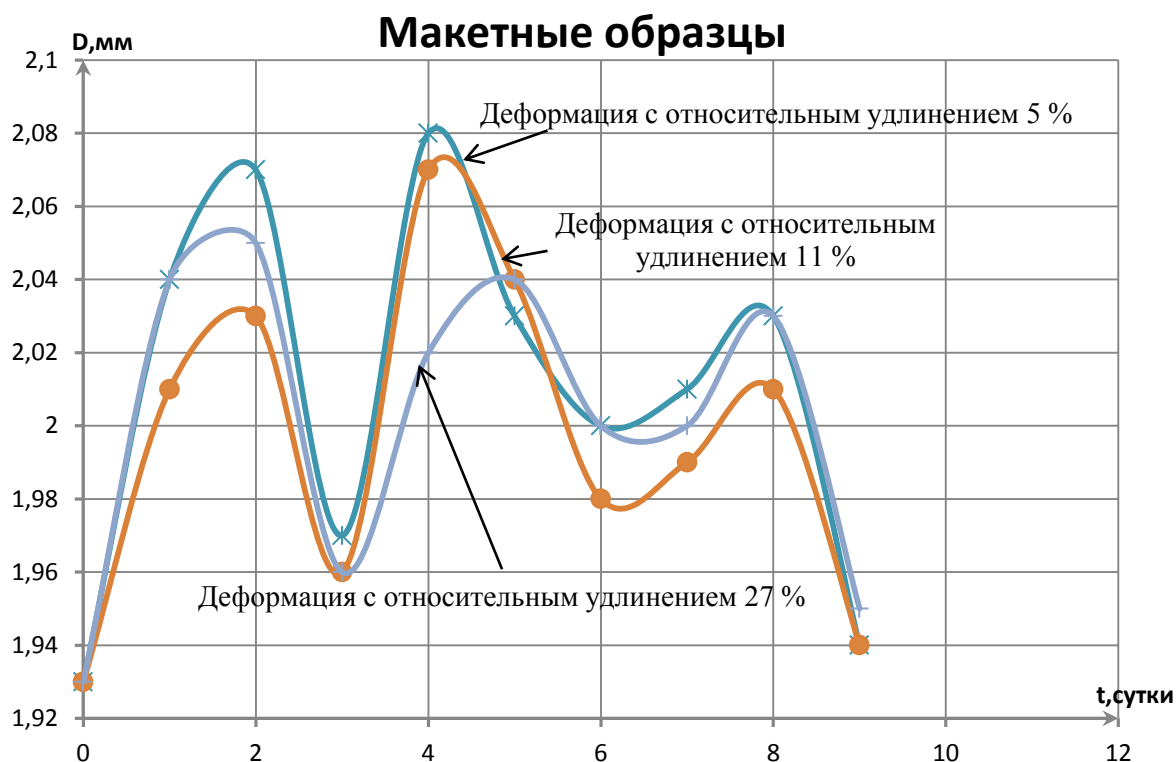


Рисунок 9 – Изменение диаметра образца 1 Типа от времени выдержки в агрессивной среде при различной деформации при температуре - 30°C

3.3. Определение изменения сопротивления изоляции при выдержке в агрессивной среде.

В соответствии с методикой, описанной в пункте 2.2. было проведено определение изменения сопротивления изоляции образцов с различной деформацией, полученные результаты сведем в таблицу 7, которая приведена в приложении В.

Построим график данных образцов в течении времени пребывания в агрессивной среде и измерения электрического сопротивления изоляции данных образцов.

По полученным данным строим графики по изменению электрического сопротивления изоляции с различной выдержкой в агрессивной среде.

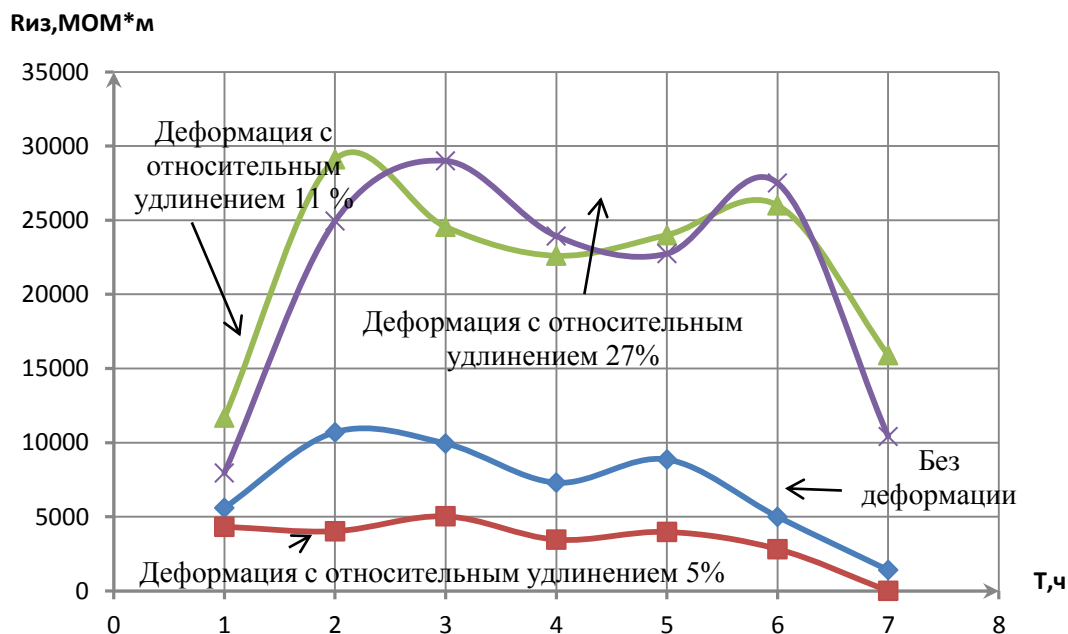


Рисунок 10 – Изменения электрического сопротивления изоляции от времени выдержки в агрессивной среде макетных образцов деформированных при комнатной температуре

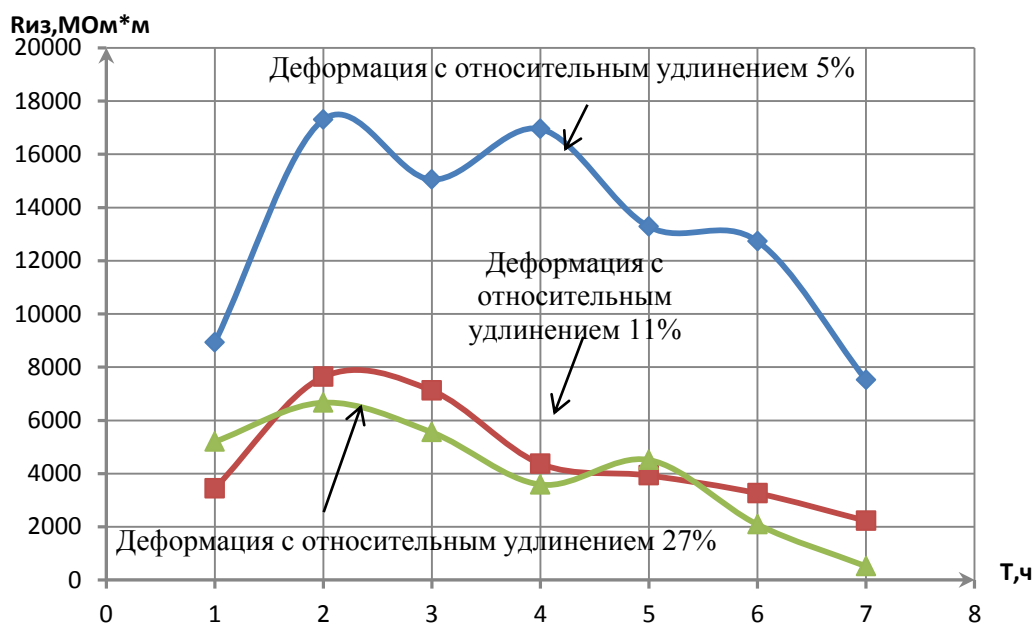


Рисунок 10 – Изменения электрического сопротивления изоляции от времени выдержки в агрессивной среде макетных образцов деформированных при температуре - 30°C

3.4. Обсуждение результатов.

- 1) С увеличением времени старения происходит изменение диаметра образца. При соприкосновении полимера с низкомолекулярной жидкостью ее молекулы начинают быстро проникать в фазу полимера, а огромные макромолекулы за это время не успевают перейти в фазу растворителя, прежде чем раствориться, высокомолекулярный полимер набухает, в связи с этим мы можем наблюдать увеличение диаметра образцов. При дальнейшей выдержки образцов в агрессивной среде диаметр образцов начинает уменьшаться, это связано с процессом адсорбции, вымывания пластификатора из данных образцов.
- 2) Изменение диаметра образцов в изолированных ТПЖ НПК и макетных образцов находится в пределах от 1-2 % в связи с этим испытания на измерение набухания образцов можно проводить и на макетных образцах т.к. изменение диаметра происходит одинаково.
- 3) Влияние относительного удлинения при различной деформации образцов. Механическая деформация в исследуемых пределах не оказывает влияния на степень набухания как на образцах тип 1 так и на образцах тип 2. При различной деформации образцы набухают так же как и без деформации.
- 4) Температура деформации не влияет на степень набухания изоляции данных образцов.
- 5) Электрическое сопротивление изоляции снижается в связи с тем, что в результате сорбции жидкость проникает в данный образец и увеличивается число свободных носителей зарядов, растет плотность тока и электрическое сопротивление образцов падает.
- 6) Изменение электрического сопротивления по времени выдержки образцов в агрессивной среде начинает быстрее уменьшаться в связи с тем, что происходит процесс сорбции, и увеличение свободных носителей зарядов приводит к увеличению скорости данного процесса.

- 7) При деформации образцов при температуре - 30°C резко снижается сопротивление.

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела является обоснование целесообразного использования технического проекта, выполняемого в рамках выпускной квалификационной работы, при этом детально рассматриваются планово-временные и материальные показатели процесса проектирования.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- Составление SWOT-анализа работы и эксплуатации ремонтно-механического цеха ферросплавного завода
- Планирование технико-конструкторских работ
- Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности проекта.

4.1. SWOT-анализ работы ремонтно-механического цеха ферросплавного завода

SWOT-анализ представляет собой метод анализа планирования производственной или научной деятельности, разделяющий факторы или явления на следующие категории: strengths (сильные стороны), weaknesses (слабые стороны), opportunities (возможности) и threats (угрозы), и состоящий из нескольких этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Матрица SWOT

	Сильные стороны: С1. Собственная научная и производственная база для исследований. С2. Соответствие материала необходимым техническим характеристикам. С3. Доработка недостающей информации о характеристиках исследуемого типа материала. С4. Квалифицированный производственный персонал.	Слабые стороны: Сл1. Затраты времени на проведение испытаний. Сл2. Дороговизна используемого материала по сравнению с аналогами. Сл3. Высокие требования к характеристикам исследуемого материала. Сл4. Необходимость сравнительного анализа характеристик.
Возможности: В1. Увеличение срока службы исследуемого объекта. В2. Использование продукта в агрессивных условиях эксплуатации. В3. Создание методики оценки ресурса кабельных изделий в исследуемых условиях.	В1С2С3С4; В2С1С2; В3С1С2С3;	В1Сл3; В2Сл2Сл3Сл4; В3Сл1Сл2Сл4;
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на материал У2. Введение дополнительных требований к материалу У3. Угрозы выхода из строя оборудования на основе исследуемого материала	У1С2С3; У2С1С2С3; У3С2С3;	У1Сл2Сл3; У2Сл1Сл2Сл3; У3Сл2Сл3.

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков (+,-) для подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие).

Таблица 9 - Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4
	B1	-	+	+	+
	B2	+	+	-	-
	B3	+	+	+	-
	Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	+	-
	B2	-	+	+	+
	B3	+	+	-	+

Таблица 10 - Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4
	У1	-	+	+	-
	У2	+	+	+	-
	У3	-	+	+	-
	Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	+	+	-
	У2	+	+	+	-
	У3	-	+	+	-

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 9 и 10, показывает, что число сильных сторон у проекта количественно равно числу слабых. Аналогичная ситуация с количеством возможностей и угроз проведения исследований. Однако, если рассматривать возможности, то можно сделать вывод, что исследование будет эффективным, поскольку их влияние на сильные стороны проекта больше, чем на слабые. Что касается угроз, то влияние на сильные и слабые стороны одинаково.

4.2. Планирование научно-исследовательской работы

Планирование комплекса работ по научному исследованию состоит из нескольких этапов:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научного исследования.

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения выпускной квалификационной работы требуются исполнители в лице научного руководителя (НР) и студента-дипломника (СД). Также определяется перечень этапов в рамках исследования. Соотношение этапов и исполнителей приведены в таблице 11.

Таблица 11 - Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Обзор научной и технической литературы	Студент-дипломник
Проведение испытаний исследуемого объекта	3	Заготовка образцов исследуемого материала	Студент-дипломник
	4	Определение условий испытания	Студент-дипломник, научный руководитель
	5	Испытания образцов в соответствующих условиях	Студент-дипломник, научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка результатов исследования	Студент-дипломник, Научный руководитель
Оформление отчета по научному исследованию	7	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник
	8	Проверка выпускной квалификационной работы	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	9	Подготовка к защите ВКР	Студент-дипломник, Научный руководитель
	10	Защита ВКР	Студент-дипломник

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения научного исследования

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях на основе ряда вероятностных оценок, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов, и рассчитывается следующим образом:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5},$$

где $t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

t_{mini} - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Рассчитанные значения трудоемкости и продолжительности работы для выбранных исполнителей приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Календарная продолжительность работ

№	Название работы	Трудоёмкость работ, чел.-дн.						Длительность работ в рабочих днях	
		t _{min}		t _{max}		t _{ож} i			
		НР	СД	НР	СД	НР	СД	НР	СД
1	Составление и утверждение технического задания	1	-	2	-	1,4	-	1	-
2	Обзор научной и технической литературы	-	7	-	14	-	9,8	-	10
3	Заготовка образцов исследуемого материала	-	1	-	2	-	1,4	-	1
4	Определение условий испытания	1	1	3	3	1,8	1,8	2	2
5	Испытания образцов в соответствующих условиях	42	42	50	50	45,2	45,2	45	45
6	Оценка результатов исследования	1	3	3	5	1,8	3,8	2	4
7	Составление пояснительной записки	-	4	-	8	-	5,6	-	6
8	Проверка выпускной квалификационной работы	1	-	3	-	1,8	-	2	-
9	Подготовка к защите ВКР	2	2	5	5	3,2	3,2	3	3
10	Защита ВКР	-	1	-	1	-	1	-	1

Примечание: минимальное t_{\min} и максимальное время t_{\max} получены на основе экспертных оценок.

4.2.3. Разработка графика проведения технического проекта

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [15].

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР [15]. На основе таблицы 12 строим план-график проведения работ (таблица 13).

Таблица 13 - Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп-ли	Т _р , раб.дн.	Продолжительность выполнения работ, раб. дн.																											
				3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75			
1	Составление и утверждение технического задания	НР	1																												
2	Обзор научной и технической литературы	СД	10																												
3	Заготовка образцов исследуемого материала	СД	1																												
4	Определение условий испытания	НР	2																												
		СД	2																												
5	Испытания образцов в соответствующих условиях	НР	45																												
		СД	45																												
6	Оценка результатов исследования	НР	2																												
		СД	4																												
7	Составление пояснительной записки	СД	6																												
8	Проверка выпускной квалификационной работы	НР	2																												
9	Подготовка к защите ВКР	НР	3																												
		СД	3																												
10	Защита ВКР	СД	1																												

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает порядка 2 месяцев. Продолжительность выполнения технического проекта составит 75 дней. Из них для каждого в отдельности:

- 72 дней - продолжительность выполнения работ студента-дипломника;
- 55 дней - продолжительность выполнения работ научного руководителя.

4.3. Составление сметы затрат на разработку ТП

Смета затрат включает в себя следующие статьи [14]:

- материальные затраты;
- полная заработная плата исполнителей технического проекта;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.3.1. Расчет материальных затрат

К материальным расходам относятся расходы на сырье и материалы для производства товаров, инструменты, приспособления, инвентарь, приборы, лабораторное оборудование и другие.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расхi},$$

где m - количество видов материальных ресурсов;

$N_{расхi}$ - количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию, ед.;

$Ц_i$ - цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов, руб./ед.;

k_T - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий

договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются 15% от стоимости материалов.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, представлены в таблице 14.

Таблица 14 - Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ($З_m$), руб.
Изолированная ТПЖ НПК	14	550	8855
Макетный образец	14	25	403
Трансформаторное масло	2	60	138
Нефть	4	85	391
Кусачки	1	200	230
Бокорезы	1	500	575
Перчатки	1	30	35
Маркер	1	60	69
Штангенциркуль	1	840	966
Бумага	1	250	288
Ручка	2	15	35
<i>Итого</i>			<i>11985</i>

4.3.2. Расчет полной заработной платы исполнителей темы

Полная заработная плата включает основную и дополнительную заработную плату и определяется как [15]:

$$З_{полн} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ - основная заработная плата;

$З_{доп}$ - дополнительная заработная плата (15-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата исполнителя рассчитывается, исходя из трудоемкости работ и квалифицированных исполнителей по следующей формуле [15]:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p,$$

где $З_{дн}$ - среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p - продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [15]:

$$З_{дн} = \frac{З_{тс} + З_{доп} + З_{р.к.}}{F_d},$$

где $З_{тс}$ - заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$З_{доп}$ - доплаты и надбавки, руб.;

$З_{р.к.}$ - районная доплата, руб. (для Томской области 30%);

F_d - количество рабочих дней в месяце (26 при 6-дневной рабочей неделе, 22 при 5-дневной рабочей неделе), раб. дн.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 15.

Таблица 15 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{тс}$, руб.	$З_{доп}$, руб.	$З_{р.к.}$, руб.	$З_{м.руб}$	$З_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$З_{осн.}$, руб.
Научный руководитель	15000	2550	5175	22425	1020	55	56100
Студент-дипломник	1500	225	518	2243	102	72	7344
<i>Итого</i>							<i>63444</i>

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн},$$

где $k_{доп}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 для студента-дипломника и 0,15 для научного-руководителя).[14].

Расчёт полной заработной платы приведён в таблице 16.

Таблица 16 - Расчет полной заработной платы

Исполнители	$k_{доп}$	$З_{осн.}$, руб.	$З_{доп.}$, руб.	$З_{полн.}$, руб.
Научный руководитель	0,15	56100	8415	64515
Студент-дипломник	0,12	7344	881	8225
<i>Итого</i>		<i>63444</i>	<i>9296</i>	<i>72740</i>

4.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС) , пенсионного фонда (ПФ)

и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot З_{полн},$$

где $k_{внеб}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) [14].

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{внеб} = 0,302 \cdot 72740 = 21968 \text{ руб.}$$

4.3.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

$$З_{накл} = \sum З \cdot k_{нр},$$

где $k_{нр}$ - коэффициент, учитывающий накладные расходы [14].

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%.

4.3.5. Формирование сметы затрат технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при заключении договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции [15].

Определение бюджета затрат на технический проект приведен в таблице 17.

Таблица 17 - Смета затрат технического проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Доля, %
Материальные затраты ТП	11,5	7,6
Затраты на оплату труда	88,3	58,7
Отчисления во внебюджетные фонды	26,7	17,7
Накладные расходы	24,1	16,0
<i>Итого</i>	<i>150,6</i>	<i>100,0</i>

Исходя из сметы затрат, на технический проект требуется 150,6 тыс.рублей. Согласно диаграмме Ганта продолжительность всей работы составила 75 рабочих дней.

4.4. Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности по формуле [14]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент разработки;

b_i - балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Оценку характеристик проекта проведем на основе критериев, соответствующих требованиям к исследуемому изоляционному материалу и готовому кабельному изделию:

1. Стойкость - одно из свойств полимера, характеризующее возможность изменения его характеристик при воздействии внешних факторов.
2. Безотказность - это свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.
3. Негорючесть - это комплексная характеристика материала или конструкции кабельного изделия противостоять возгоранию и распространению процесса горения.

4. Эластичность - это свойство полимерного тела восстанавливать свою форму и размеры после прекращения действия внешних сил.
5. Дешевизна - низкий уровень цен на используемые в конструкции материалы.
6. Экологичность - это свойство, характеризующее безопасное влияние на окружающую среду при обработке или переработке материала.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 18.

Таблица 18 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка
1. Стойкость	0,20	5
2. Безотказность	0,22	5
3. Негорючесть	0,15	4
4. Эластичность	0,18	4
5. Дешевизна	0,10	3
6. Экологичность	0,15	5
<i>Итого</i>	<i>1,00</i>	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составит [15]:

$$I_p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,22 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,18 + 3 \cdot 0,10 + 5 \cdot 0,15 = 4,47$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы стойкости и безотказности позволяют судить о надежности используемого материала.

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- в результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что технический проект будет эффективным, так как влияние возможностей на сильные стороны проекта больше, чем на слабые, когда количество сильных и слабых сторон одинаково;

- при планировании технических работ был разработан график занятости для двух исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителей;
- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта в размере 150,6 тыс.рублей;
- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,47 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Данный раздел ВКР посвящен выполнению анализа и разработке мер по обеспечению благоприятных условий труда при ее выполнении. Произведен анализ вредных факторов таких как: отклонение показателей микроклимата в помещении, повышения уровня шума, повышения уровня вибрации, превышение электромагнитных и ионизирующих излучений. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а так же правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Социальная ответственность (social responsibility) – ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения;

Социальная ответственность является также свойством/чертой характера личности. Ответственность личности - это черта характера, приобретаемая в результате воспитания и учета моральных норм общества.

Социальная ответственность личности отражается в его решениях, поставленных целях и их приоритетах, средствах и методах реализации решений. Она реализуется в конкретных делах компании (руководителя), направленных в первую очередь на помощь в создании приемлемого уровня жизнеобеспечения своих работников, членов их семей и социально незащищенных групп населения.

5.1. Анализ опасных и вредных факторов

К вредным факторам относятся вещества и соединения, которые при контакте с организмом человека могут вызывать нарушения индивидуальной чувствительности.

В данной таблице приведем основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ на рабочем месте. Данные элементы представлены в таблице 19.

Таблица 19 - Опасные и вредные факторы производственной среды

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Вибрация	повышенный уровень вибрации на рабочем месте		СН 2.2.4/2.1.8.566-96
Шум	повышенный уровень шума на рабочем месте		СН 2.2.4/2.1.8.562-96
Электробезопасность		повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	ГОСТ 12.1.038-82
	повышенный уровень электромагнитных излучений		СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
Состояние воздушной среды	отклонение показателей микроклимата в помещении		СанПиН 2.2.4.548-96
Пожароопасность		повышенный уровень пожароопасности	НПБ 105-03
Освещенность	недостаточная освещенность рабочей зоны		СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами

дневного света, а также проникает извне. Шум вызывает головную боль, быструю утомляемость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, ухудшается память, снижается реакция.

Воздействие указанных неблагоприятных факторов приводит к снижению работоспособности, вызываемое развивающимися утомлениями. Появление и развитие утомления связано с изменениями, возникающими в процессе работы в центральной нервной системе, с тормозными процессами в коре головного мозга. Длительное нахождение человека в зоне комбинированного воздействия различных неблагоприятных факторов может привести к профессиональному заболеванию.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света. Нормальная освещенность достигается в дневное время за счёт естественного света, проникающего через оконные проёмы, в утренние и вечерние часы за счёт искусственного освещения лампами.

В качестве источников искусственного света используется люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют ряд существенных преимуществ: по спектральному составу близки к дневному, естественному свету; обладают более высоким КПД (в 1,5-2 раза выше, чем КПД ламп накаливания); обладают повышенной светоотдачей (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания); более длительный срок службы.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-0[35] освещенность рабочего стола должна быть не менее 300÷500 лк, что может достигаться установкой местного освещения.

5.2. Защита человека от вредных факторов рабочего места, характеризующих процесс взаимодействия трудящихся с окружающей производственной средой

Защита от акустического шума

Основными вредными факторами при работе являются шум и вибрация. Источниками акустического шума являются вытяжки на производстве. Допустимый уровень шумов для лаборатории 75 дБ.

Нормируемые параметры постоянного шума являются уровнем звукового давления L , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Для ориентировочной оценки допускается использование уровня звука L_a , дБ(А).

Защита от шумов – индивидуальное использование наушников или беруш. Шум возникающий при работе вытяжки достигает порядка 35 дБ, что также не превышает допустимого уровня шумов в рабочем помещении.

Защита от электрического тока

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного для жизни воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

К вредным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования.

Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при однофазном (однополюсном) прикосновении незаземленного от земли человека к незаземленным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к незаземленным частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются :

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

Повышенный уровень электромагнитных излучений и его оценка проводится при выполнении работ с ПЭВМ. Источником электромагнитных полей промышленной частоты являются чаще всего токоведущие части действующих электроустановок.

Неблагоприятное воздействие токов промышленной частоты проявляются только при напряженности магнитного поля 160–200 А/м.

Практически при обслуживании и нахождении даже в зоне мощных электроустановок высокого напряжения магнитная напряженность поля не превышает 20–25 А/м, поэтому оценку потенциальной опасности воздействия электромагнитного поля промышленной частоты достаточно производить по величине электрической напряженности поля.

В соответствии с нормами допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в

контролируемой зоны . Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20–25 кВ/м продолжается не более 10 минут. При напряженности не выше 5 кВ/м присутствие людей в рабочей зоне разрешается в течение 8 часов.

При работе с ПЭВМ допустимые уровни электромагнитных полей указаны в таблице 20.

Таблица 20 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ лабораторной установки

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500

Пожароопасность

Пожарная опасность электроустановок, обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов. Горючими являются изоляция обмоток машин, проводов и кабелей.

Согласно строительным нормам и правилам, в зависимости от характеристики вращающихся в производстве веществ и их количества, производства подразделяются по пожарной и взрывной опасности на категории А, Б, В, Г, Д.

Помещение лабораторного комплекса, согласно Техническому регламенту, можно классифицировать по пожарной опасности, как помещение категории В, т.к. оно содержит твердые и волокнистые горючие вещества, не выделяющие горючую пыль или волокна, переходящие во взвешенное состояние.

Пожар на производстве может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся:

- 1) неисправность производственного оборудования и нарушение технологического процесса;
- 2) халатное и неосторожное обращение с огнем;
- 3) неправильное устройство и неисправность вентиляционной системы;
- 4) самовоспламенение или самовозгорание веществ.

К причинам электрического характера относятся:

- 1) короткое замыкание;
- 2) перегрузка проводов;
- 3) большое переходное сопротивление;
- 4) искрение;
- 5) статическое электричество

Исходя из норм пожарной безопасности для помещений площадью до 100 м² в качестве первичного средства пожаротушения требуется один углекислотный огнетушитель типа ОУ-5, с помощью которого можно тушить возгорания различных материалов и установок напряжением до 1000 В, либо один хладоновый огнетушитель ОХЛ-10.

Комплекс организационных и технических мероприятий пожарной профилактики позволяет предотвратить пожар, а в случае его возникновения обеспечить безопасность людей, ограничить распространение огня, а также создать условия для успешного тушения пожара.

Освещенность

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий

Реальная освещенность на рабочем месте может быть взята из паспорта производственного помещения, материалов аттестации рабочих мест по условиям труда, измерена при помощи люксметра, или определена путем расчета, изложенного в соответствующей литературе.

Искусственное освещение в зависимости от назначения можно разделить на следующие виды:

- 1) аварийное,
- 2) рабочее,
- 3) специальное.

Основные требования к рабочему освещению:

- 1) создание достаточной освещённости на рабочих местах согласно нормам;
- 2) высокое качество освещения – спектральный состав , близкий к естественному, ограничение прямой и отражённой блёсткости, рациональное направление света, постоянство освещённости во времени;
- 3) бесперебойность и длительность работы установки в данных условиях среды;
- 4) пожарная и электрическая безопасность осветительных устройств;
- 5) экономичность осветительной установки.

По СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение для лабораторий научно-исследовательских учреждений норма освещенности составляет 400лк.

5.3.Охрана окружающей среды

В термостатах, где нагревается нефть с образцами выделяются токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

При нагревании нефти из нее сначала выделяются наиболее легко кипящие углеводороды. С повышением температуры постепенно испаряются все более тяжело кипящие компоненты.

Жидкие углеводороды нефти имеют различную температуру кипения. На этом свойстве основана перегонка. При нагреве в ректификационной колонне до 350 °С из нефти последовательно с ростом температуры выделяются различные фракции. Нефть на первых НПЗ перегоняли на следующие фракции: прямогонный бензин (он выкипает в интервале температур 28-180°С), реактивное топливо (180—240 °С) и дизельное топливо (240—350 °С). Остатком перегонки нефти был мазут.

Из-за неприятных ощущений возможна потеря концентрации и внимания, что в свою очередь может привести к травмированию по причине совершения непроизвольных или нескоординированных движений.

Другой негативный фактор - это акустический шум, который возникает при использовании вытяжек в помещении где находятся термостаты .

5.4. Чрезвычайные ситуации

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения чрезвычайной ситуации на объекте , определённой территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Чрезвычайные ситуации можно классифицировать под типам и видам событий , лежащих в основе этих ситуаций, по масштабу распространения, по сложности обстановки, тяжести последствий.

В настоящее время существуют два основных направления минимизации вероятности возникновения и последствий ЧС на административных объектах – это разработка инженерно-технических и

организационных мероприятий. К инженерно-техническим мероприятиям относятся: строительство защитных сооружений, создание санитарно-защитных зон вокруг потенциально опасных объектов, инженерное оборудование территории региона с учётом характера воздействия прогнозируемых ЧС. К организационным мероприятиям относятся: эвакуация работающих (план), подготовка работающих к действиям при ЧС, подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС.

5.5. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Данное помещение относится к категории Д (наличие твердых сгораемых вещей).

Необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия :

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильным размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

- 1) Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- 2) Обучение персонала правилам техники безопасности;
- 3) Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- 1) Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- 2) Обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- 3) Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2, или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей.

5.6. Заключение по разделу

В данном разделе были рассмотрены вопросы, которые обуславливают социальную ответственность организации и лично перед окружающей средой и природой.

Также были выявлены опасные факторы, влияющие на окружающую среду и человека такие как: вредные вещества, электрический ток, а также акустический шум. Каждый фактор соблюдается требованиями к этим факторам подтверждающиеся ГОСТ и СНИП, где предусматривается все ситуации, в которых могут произойти аварии, вредности и вред человеку.

Рассмотрены чрезвычайных ситуаций, которые могут возникать на установках. В результате, были выявлены факторы рабочего места, характеризующие процесс взаимодействия трудящихся с окружающей производственной средой. Описано влияние этих факторов на организм человека. Кроме этого, были рассмотрены средства защиты от вредных и опасных факторов.

Приложение А

Таблица 6 - Данные по измерению набухания изоляции образцов тип 1 и тип 2 при различных деформациях.

№ образца	0с/диз,мм	1с/диз,мм	2с/диз,мм	3с/диз,мм	4с/диз,мм	5с/диз,мм	6с/диз,мм	7с/диз,мм	8с/диз,мм	9с/диз,мм
1-2	9,44	9,8	9,8	9,85	9,9	9,96	9,96	9,89	9,93	9,92
3-4	9,45	9,78	9,83	9,9	9,9	9,98	9,9	9,9	9,93	9,96
5-6	9,46	9,78	9,95	9,9	9,9	10	9,95	9,94	9,97	9,97
7-8	9,43	9,78	9,89	9,89	9,89	9,96	9,93	9,8	9,92	9,9
9-10	9,46	9,77	9,8	9,88	9,9	9,98	9,93	9,8	9,93	9,92
11-12	9,43	9,75	9,9	9,86	9,86	9,93	9,91	9,79	9,91	9,91
13-14	9,42	9,79	9,89	9,87	9,89	9,97	9,9	9,83	9,92	9,9

Макетные

1-2	1,93	2,04	2,05	1,94	1,96	2,05	1,92	2,01	2,03	2
3-4	1,94	2,03	2,05	1,95	2,01	2,04	1,91	2,01	2,03	1,97
5-6	1,79	2,04	2,05	1,95	1,99	2,04	1,93	2,02	2,04	1,98
7-8	1,93	2,05	2,05	1,97	2,04	2,04	1,83	2	2,03	1,98
9-10	1,93	2,04	2,07	1,97	2,08	2,03	2	2,01	2,03	1,94
11-12	1,93	2,01	2,03	1,96	2,07	2,04	1,98	1,99	2,01	1,94
13-14	1,93	2,04	2,05	1,96	2,02	2,04	2	2	2,03	1,95

Приложение В

Таблица 7 - Данные по измерению электрического сопротивления изоляции макетных образцов при различных деформациях.

№ образца	5,5ч/Мом*м	23ч/Мом*м	29,5ч/Мом*м	46ч/Мом*м	53ч/Мом*м	54ч/Мом*м	59ч/Мом*м
1-3	5600	10700	9940	7300	8860	5000	1400
4-6	4326	4025	5030	3455	3976	2820	0
7-9	11675	29100	24550	22600	24000	26000	15900
10-12	7950	24933	29000	23933	22737	27500	10420
13-15	8927	17300	15050	16950	13280	12733	7520
16-18	3443	7633	7120	4370	3928	3260	2227
19-21	5200	6666	5550	3587	4512	2087	516

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проделанной работы был проведен анализ влияния набухания изоляции и линейной усадки, анализ изменения электрического сопротивления образцов при различной деформации с различной выдержкой в агрессивной среде.

Были созданы макеты образцов тип 1 – изолированные ТПЖ НПК и тип 2- макетные образцы с материалом изоляции блоксополимер этилен-пропилен. После испытаний были получены данные о средних изменениях диаметра образцов и изменение электрического сопротивления изоляции с различной выдержкой в агрессивной среде.

Исходя из полученных данных были разработаны рекомендации по оценке стойкости изоляции к эксплуатационным нагрузкам.

Кроме того, в работе была выполнена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, исходя из которого можно сделать вывод о том, что данная разработка перспективна.

Был выполнен анализ и планирование комплекса работ в рамках научного исследования. Определенна структура работ, а также произведено распределение исполнителей. Составлен календарный план-график проведения работ.

Определен бюджет затрат на научное исследование, который составляет 150,6 тысячи рублей. В бюджет входят: материальные затраты, заработная плата, отчисления на социальные цели, накладные расходы. Самые большие отчисления (58,7 %) приходятся на заработную плату.

Помимо этого был произведен анализ выявленных вредных и опасных факторов производственной среды. Рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 51777-2001. Кабели для установок погружных электронасосов. Общие технические условия . М: Издательство стандартов, 2001.-17с.
2. Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело» ,2011. №6.
3. Специальные кабельные изделия: учебное пособие / В.М. Аникеев, И.В. Флеминг; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 127 с.
4. Журнал «Кабели и провода». Наука и техника,2014.-№1.
5. Фризен А.Н., Петров А.В. Журнал «Кабели и провода» /Свойства изоляции кабелей для питания погружных электронасосов добычи нефти и возможность прогнозирования их применения в условиях эксплуатации., 2007;
6. Макиенко Г.П. Кабели и провода,применяемые в нефтегазовой индустрии. Пермь:Агенство «Стиль-МГ»2004, 560с.
7. <http://solo-project.com/articles/2/markirovka-kabelya.html>
8. Манин В. Н., Громов А. Н.; Физико – химическая стойкость полимерных материалов в условиях эксплуатации. – Л.: Химия, 1980.– 248 с.;
9. Основы кабельной техники: лабораторный практикум/В.М.Аникеев, С.С.Марьин.-Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 53 с.
- 10.10.ГОСТ Р 51330.20-99.Методы испытаний-Изоляции. М: Издательство стандартов, 2001.-19с.
- 11.Методика испытаний для установки испытания нефтепогружного кабеля,2013.-19с.
- 12.<http://www.camelotplast.ru/info/vidi-polypropilen.php>
- 13.<http://ref.unipack.ru/93/>
- 14.Специализированный журнал «Бурение и нефть»,2013.-№5.
- 15.<http://www.mental-skills.ru/dict/diagramma-ganta/>

16. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
- 17.3А КАДРЫ. Газета Национального исследовательского Томского политехнического университета [Электронный ресурс] / Зарплата-выросла URL: <http://za-kadry.tpu.ru/article/3393/7618.htm>, свободный. Дата обращения 07.03.2014 г.
18. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.010 – 76. . / М.: Издательство стандартов, 2010.–33 с.
19. Охрана окружающей среды. Под ред. С.В. Белова. / М.: Высшая школа, 1991– 128с.
20. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ .Электробезопасность.Общие требования и номенклатура видов защиты.Межгосударственный стандарт,1979